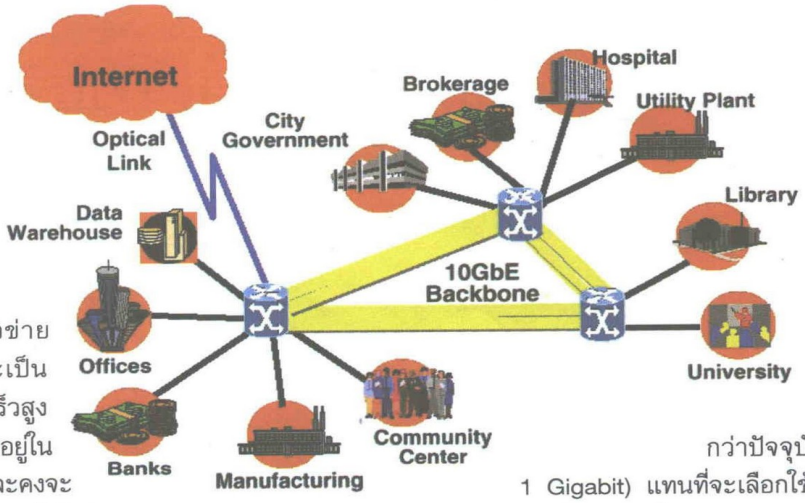
ดร.วิรินทร์ เมฆประดิษฐ์สิน

Networking

10 Gigabit Ethernet ม้าเร็วในเครือข่ายสื่อสาร

ถึงฟ้าจะกั้นให้ฉันและเธอไกลกันสุดตา
ต้องร่ายคาถาวิเศษว่าด้วย 10 Gigabit Ethernet
เทคโนโลยีการเชื่อมต่อระยะไกลความเร็วสูงยุคประหยัด
ถึงห่างแค่ไหน (40 กิโลเมตร) ก็ไม่สำคัญ



มาตรฐานของระบบเครือข่าย Ethernet ในยุคต่อไปจะเป็นมาตรฐานเครือข่ายความเร็วสูง 10 Gigabit ซึ่งขณะนี้กำลังอยู่ในขั้นตอนของการพัฒนา และคงจะได้เห็นมาตรฐานนี้ถูกประกาศใช้ในอีก 2-3 ปีข้างหน้า หากนำมาตรฐานเครือข่ายความเร็วขนาดนี้มาใช้เมื่อใดก็นับว่าเป็นนวัตกรรมใหม่ทางเทคโนโลยีเครือข่ายที่น่าสนใจ และยิ่งใหญ่ในระดับ MAN (Metropolitan Area Network) ที่ไม่ใช่เพียงแค่ระบบเครือข่ายแบบ LAN อีกต่อไป

ทักทายเทคโนโลยี 10 Gigabit Ethernet

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาเทคโนโลยีของระบบเครือข่าย Ethernet ได้รับความนิยมและคัดเลือกให้เป็นเครือข่าย LAN ในระดับองค์กรเกือบทุกแห่งทั่วโลก ซึ่งปัจจุบันก็ยังนำมาใช้เป็นเครือข่าย LAN เป็นหลัก ในปี 1998 ได้มีการกำหนดมาตรฐาน Ethernet ความเร็วสูง ได้แก่ 1 Gigabit ซึ่งได้รับความนิยมเรื่อยมา เนื่องจากสามารถนำมาทดแทนระบบโครงข่ายแบ็กโบน ATM ได้ในหลายแง่มุม (ถึงแม้จะทดแทนไม่ได้ทั้งหมดก็ตาม)

เมื่อความต้องการในด้านความเร็วของการสื่อสารข้อมูลมีมากขึ้น ความต้องการที่จะได้เห็นมาตรฐาน Ethernet ที่มีความเร็วสูงกว่าย่อมเกิดขึ้นเช่นกัน คราวนี้จึงเกิดคำถามว่า ทำไมต้องพัฒนาระบบเครือข่าย Ethernet ให้มีความเร็วสูงกว่าปัจจุบัน (ปัจจุบันคือ 1 Gigabit) แทนที่จะเลือกใช้ระบบเครือข่ายและโครงข่ายที่มีอยู่แล้ว เช่น เครือข่าย ATM หรือ SDH และ FDDI

เหตุผลของการพัฒนาระบบเครือข่าย Ethernet ให้มีความเร็วสูงขึ้นสืบเนื่องจากระบบโครงข่าย ATM รวมทั้ง SDH นั้นมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในด้านอุปกรณ์ที่ค่อนข้างจะแพง ทั้งพวกอุปกรณ์เชื่อมต่อภายในโครงข่ายและค่าอินเตอร์เฟสระหว่างเครือข่าย Ethernet กับโครงข่าย ATM หรือ SDH เพราะท่านจะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพื่อให้ระบบ Ethernet กับโครงข่ายต่างชนิดเหล่านี้ให้สามารถสื่อสารกันได้

การพัฒนาระบบ Ethernet ความเร็วสูงขนาด 10 Gigabit นั้นไม่เพียงแต่ถูกนำมาใช้เพื่ออัพเกรดประสิทธิภาพการทำงานของเครือข่าย Ethernet ในปัจจุบันเท่านั้น แต่ยังถูกนำมาใช้เป็นโครงข่ายเพื่อเชื่อมต่อ

เครือข่าย Ethernet LAN ตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น การเชื่อมโยงระหว่างชั้นของอาคาร จนถึงการเชื่อมต่อระหว่างอาคารที่อาจมีความซับซ้อน เช่น Campus Backbone และใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ความเร็วสูง หรือศูนย์ข้อมูลความจุสูง ตัวอย่างเช่น Storage Area Network (SAN) ซึ่งแน่นอนว่าการใช้ 10 Gigabit Ethernet เป็นโครงข่ายจะมีต้นทุนการเชื่อมต่อที่อาจต่ำกว่า เนื่องจากระบบเครือข่าย Ethernet LAN กับโครงข่ายที่เป็น 10 Gigabit Ethernet ต่างเป็นสายพันธุ์เดียวกัน ดังนั้นการเชื่อมต่อเข้ากับโครงข่ายนี้สามารถทำได้โดยการติดตั้งโมดูลเพิ่มเติมเข้าไปที่ Ethernet LAN Switching Hub ที่มีอยู่แล้วได้โดยง่าย

ในช่วงเดือนมีนาคม ปี 1998 ได้มีการจัดตั้งคณะทำงานเพื่อทำการพัฒนามาตรฐาน IEEE 802.3 ที่มีความเร็วสูงขึ้น เรียกว่า IEEE 802.3 Higher Speed Study Group (HSSG) เพื่อพัฒนามาตรฐานของ 10 Gigabit Ethernet โดยมีจุดประสงค์เบื้องต้นสำหรับมาตรฐานดังกล่าวไว้ดังนี้

- สนับสนุนมาตรฐานการทำงานของระบบ Ethernet ที่ความเร็ว 10 Gigabit ด้วยต้นทุนค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า 1 Gigabit Ethernet 2-3 เท่า
- เป็นระบบที่ยังใช้มาตรฐานของ Frame แบบ 802.3
- สามารถเข้ากันได้กับเครือข่าย Ethernet ความเร็วต่าง ๆ
- สามารถเข้ากันได้กับเครือข่าย Ethernet มาตรฐาน 802.3x ต่าง ๆ
- ยังคงไว้ซึ่งขนาดของ Frame ขั้นต่ำสุดและขั้นสูงสุดตามมาตรฐาน IEEE 802.3 ในปัจจุบัน
- กำหนดให้มีอุปกรณ์อินเตอร์เฟสกับเครือข่ายเป็นการเฉพาะเจาะจง
- สื่อสารข้อมูลแบบ Full Duplex เท่านั้น
- สามารถสนับการเชื่อมต่อระบบ LAN ที่มีการเชื่อมต่อในรูปแบบ Star
- สนับสนุนการเชื่อมต่อด้วยสายสัญญาณไฟเบอร์ออปติกแบบ Multimode ระยะทางของการเชื่อมต่อใกล้สุดที่ 200 เมตร และ 3 กิโลเมตร เป็นอย่างน้อยถ้าใช้ไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode

แตกต่างกันได้ถึงเพียงนี้

ต่อไปนี้เป็นการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง 1 Gigabit Ethernet (802.3z) กับ 10 Gigabit Ethernet (802.3ae) ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้

Gigabit Ethernet	10 Gigabit Ethernet
• ทำงานบนระบบ CSMA/CD แบบ Full Duplex	• ทำงานแบบ Full Duplex เท่านั้น
• ใช้วิธีการยึดสัญญาณ Carrier	• ใช้วิธีการเร่งความเร็วของ MAC
• ใช้สายสื่อสัญญาณเชิงแสงและสายทองแดง	• ใช้สายสัญญาณและอุปกรณ์เชิงแสงอย่างเดียว
• ใช้ PMD แบบเดียวกับที่ใช้บน Fiber Channel	• ใช้ PMD แบบใหม่ทั้งหมด ไม่ซ้ำแบบเดิม
• ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบ 8B/10B	• ใช้แบบแผนเข้ารหัสใหม่ทั้งหมด
• สนับสนุนการเชื่อมต่อ LAN ระยะทาง 5 กิโลเมตร	• เชื่อมต่อ LAN ได้ไกลสุด 40 กิโลเมตร และสามารถเชื่อมต่อกับ SONET/SDH โดยตรง

ประโยชน์จากการใช้ 10 Gigabit Ethernet

ประโยชน์หลักของมาตรฐาน 10 Gigabit Ethernet ได้แก่ การให้แบนด์วิดธ์ของการสื่อสารข้อมูลความเร็วสูงในราคาต้นทุนที่ต่ำ อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาก็ยังน้อยกว่าระบบที่มีอยู่เดิม และการบริหารจัดการเครือข่ายสามารถทำได้โดยผู้บริหารเครือข่าย

นอกจากจะได้ประโยชน์ในแง่ต้นทุนต่ำแล้ว 10 Gigabit Ethernet ยังให้ขีดความสามารถในการสื่อสารผ่านระบบสวิตชิงที่เร็วกว่า และเนื่องจากมาตรฐานนี้ใช้ฟอร์แมตหรือรูปแบบของ Frame แบบเดียวกับ Ethernet ในปัจจุบัน ดังนั้นการเชื่อมต่อระหว่าง 10 Gigabit กับ 100 หรือ 1 Gigabit Ethernet สามารถทำได้โดยไร้รอยตะเข็บ ไม่ว่าจะเชื่อมต่อแบบ MAN หรือ WAN ก็ตาม และแน่นอนการสื่อสารผ่าน WAN ด้วย 10 Gigabit Ethernet ข้อมูลข่าวสารที่วิ่งในโครงข่าย WAN ไม่ต้องผ่านขบวนการแบ่งย่อย (Segmentation) หรือแบ่งเป็นส่วนย่อย (Fragmentation) รวมทั้งการประกอบคืนข้อมูล (Reassembling) เหมือนกับที่กำลังทำอยู่ในปัจจุบันบน WAN อีกต่อไป ทำให้สามารถขจัดปัญหาการใช้เราเตอร์ซึ่งทำงานช้ากว่าระบบสวิตชิง

ระบบ 10 Gigabit Ethernet ยังสามารถถูกนำมาใช้เพื่ออัพเกรดระบบเครือข่าย Ethernet ที่มีอยู่แล้ว ซึ่งสามารถทำได้ง่ายโดยใช้แนวทางเดียวกับ 1 Gigabit Ethernet

สนับสนุนแอพพลิเคชันและข้อมูลใหม่ ๆ

10 Gigabit Ethernet เป็นระบบ Ethernet ที่ไม่ได้เปลี่ยนแปลงอะไรจากระบบ Ethernet 10 Mbps ดั้งเดิมที่มีอยู่มากนัก กล่าวคือ ไม่ได้เปลี่ยนแปลงหัวใจหลักของการทำงาน ได้แก่ Media Access Control Protocol หรือ MAC แม้แต่ลักษณะของแพ็กเก็ตก็ตาม นอกจากนี้ระบบ 10 Gigabit Ethernet ยังให้การสนับสนุนระดับชั้นการทำงานทั้ง 7 ใน OSI Model รวมทั้งคุณภาพของการให้บริการ พร้อมสนับสนุนการทำงานของโปรโตคอลการทำงานของ Voice Over Internet Protocol หรือ VOIP ตลอดจนระบบรักษาความปลอดภัย และ Server Load Balance นอกจากนี้ยังให้การสนับสนุน Web Caching และ Domain Name Service (DNS) อีกด้วย

10 Gigabit Ethernet ให้การสนับสนุนมาตรฐานการทำงานทุกอย่างที่อยู่ในระดับชั้นที่ 2 หรือ Data Link Layer ของ OSI Model เช่น 802.1p, 802.1Q, VLANs และรวมทั้ง Link Aggregation สำหรับตารางที่ 1 แสดงการสนับสนุนการทำงานของมาตรฐานในระดับ Data Link Layer

ตารางที่ 1 แสดงการสนับสนุนการทำงานของมาตรฐานระดับ Data Link Layer

ชื่อ	องค์กรมาตรฐานที่รับรอง	รายละเอียด
802.3ad	IEEE 802.3	***Link Aggregation** สำหรับงาน Load Balancing
802.1p	IEEE 802.1	***Multicast Pruning**
802.1Q	IEEE 802.1	สนับสนุนการทำงานของ VLAN และอนุญาตให้มีการกำหนดลำดับความสำคัญของบิตข้อมูลสำหรับ ***Class of Service (CoS)**
MPLS	IETF	Multi-protocol Label Switching การให้บริการของ Layer 3 Switching
SNMP	IETF	รูปแบบมาตรฐานของการบริหารจัดการ Ethernet
RMON	IETF	Remote Monitor สำหรับ Ethernet

***Multicast Pruning** เป็นการทำงานภายใต้มาตรฐานของ IEEE ที่ได้เพิ่มการควบคุมในการกลั่นกรองมิให้การส่งข้อมูลข่าวสารไปยังกลุ่มผู้ใช้หรือ Subnet ต่าง ๆ เป็นไปในลักษณะไหลวน

***Class of Service (Cos)** เป็นระดับของความสำคัญในการให้บริการ มีตั้งแต่ 0-7 ซึ่งเป็นบริการที่โปรโตคอลการทำงานในระดับบนต้องการใช้ในขณะที่มีการแพร่กระจาย Packet Cos ถูกนำมาใช้เมื่อมีการส่งข้อมูลในรูปของ Datagram บนเครือข่ายที่ใช้ IP

***Link Aggregation** หมายถึงการเชื่อมต่อระหว่างฮับหรือคอนเซนเตรเตอร์ (Concentrator) ไปยังเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งปกติจะใช้เพียงเส้นเดียว แต่โดย Link Aggregation นี้อาจใช้ถึง 3 เส้น ประโยชน์ที่ได้มีอยู่ 2 ประการ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์การใช้งาน ประการแรกเพื่อ Redundancy กล่าวคือ หากเส้นสัญญาณใด ๆ เกิดชำรุดก็สามารถใช้เส้นที่เหลืออีก 1 หรือ 2 เส้นทำงานแทน ประการที่ 2 เพื่อ Load Balancing ซึ่งได้แก่ Traffic หรือการรับส่งข้อมูลจะกระทำทีเดียวทั้ง 3 เส้น โดยอาจเฉลี่ยความเร็วทั้งหมดออกไปที่ทุก ๆ เส้นหรือแต่ละเส้น และอาจมีความเร็วสูงสุด เช่น ความเร็วที่ 10 Gbps ก็อาจจะเป็น 30 Gbps ก็ได้

ระยะทางเชื่อมต่อภายใต้ 10 Gigabit

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้งาน 10 Gigabit Ethernet บนแอพพลิเคชันต่าง ๆ โดยแยกตามระยะทางของการเชื่อมต่อ

งานที่ใช้	ขนาดระยะทาง
Local Storage Area Network	100 เมตร
Remote Storage Area Network	300 เมตร/2 กิโลเมตร/40 กิโลเมตร
Disaster Recovery Facilities	300 เมตร/2 กิโลเมตร/40 กิโลเมตร
เครือข่ายในระดับ Enterprise	100 เมตร
Enterprise Aggregation Facilities	550 เมตร
โครงข่ายแบ็กโบนระดับ Campus	10 กิโลเมตร
แบ็กโบนสำหรับเครือข่าย Enterprise	300 เมตร/2 กิโลเมตร/40 กิโลเมตร
งานให้บริการอินเทอร์เน็ต	100 เมตร

ตารางที่ 2 แสดงการประยุกต์ใช้งาน 10 Gigabit Ethernet บนแอพพลิเคชันต่าง ๆ โดยแยกตามระยะทางของการเชื่อมต่อ

ระดับชั้นโปรโตคอลของ 10 Gigabit

โดยพื้นฐานแล้วโปรโตคอลของระบบ Ethernet จะทำงานบนระดับชั้นล่างสุด 2 ระดับชั้นใน OSI Model ที่มี 7 ระดับชั้น ซึ่งได้แก่ ระดับชั้น Physical และ Data Link รูปที่ 1 แสดงให้เห็นการทำงานของโปรโตคอล Ethernet ในระดับชั้นต่าง ๆ บน OSI Model

Ethernet PHY (ระดับชั้นที่ 1 ของ OSI Model) เชื่อมต่อกับสายส่งสัญญาณ (สายใยแก้วนำแสงหรือสายทองแดง) ไปยัง Media Access Control ซึ่งอยู่บนระดับชั้น 2 สถาปัตยกรรมของ Ethernet ได้แบ่งระดับชั้น Physical ออกเป็นระดับชั้นย่อย 2 ระดับชั้นได้แก่ Physical Media Dependent (PMD) และ Physical Coding Sublayer (PCS) ตัวอย่างของ PMD ได้แก่ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลเชิงแสง ส่วน PCS ทำหน้าที่เข้ารหัส เช่น 8B/10B จากนั้นทำการมัลติเพล็กซ์สัญญาณ

ระดับชั้นย่อย MAC (Media Access Control)

ระดับชั้นย่อยที่เรียกว่า MAC ให้บริการเชื่อมต่อเชิงตรรกะระหว่างการ์ด LAN ของคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์พร้อมการ์ด LAN จากเครื่องอื่น หน้าที่หลักในการทำงานของระดับชั้นย่อยนี้ได้แก่การริเริ่มเพื่อการควบคุมและจัดการเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์อื่น ๆ บนเครือข่าย

Reconciliation Sublayer

การทำงานของระดับชั้นย่อย Reconciliation ทำหน้าที่แปลงคำสั่งที่มาจากระดับชั้นย่อย MAC ให้เป็นรูปแบบของสัญญาณทางไฟฟ้าที่เหมาะสมสำหรับระดับชั้น Physical เพื่อการส่งข้อมูลตามสายสัญญาณต่อไป

10GMII (10 Gigabit Media Independent Interface)

10GMII ให้บริการแลกเปลี่ยนข้อมูลสื่อสารหรืออินเตอร์เฟสระหว่างระดับชั้น MAC กับระดับชั้น Physical โดยจะทำหน้าที่แยกการทำงานระหว่างระดับชั้นย่อย MAC กับระดับชั้น Physical ทำให้ระดับชั้น MAC สามารถติดต่อและประยุกต์ใช้งานระดับชั้น Physical ได้หลากหลายมากขึ้น ดังรูปที่ 2

PCS (Physical Coding Sublayer)

หน้าที่การทำงานของระดับชั้นย่อย PCS ได้แก่ การเข้ารหัสและถอดรหัสให้กับกระแสของข้อมูลข่าวสารที่มาจากหรือไปยังระดับชั้นย่อย MAC เทคนิคในการเข้ารหัสนี้ยังไม่ได้รับการนิยามเป็นมาตรฐาน ดังรูปที่ 3

PMA (Physical Medium Attachment)

หน้าที่การทำงานหลักของระดับชั้นย่อย PMA ได้แก่การจัดการกลุ่มของรหัสที่อยู่ในกระแสของข้อมูลให้เหมาะสมกับอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ที่ทำงานเฉพาะกับข้อมูลที่เป็นลักษณะบิต นอกจากนี้ยังคอยทำหน้าที่ผสานจังหวะ (Synchronization) เพื่อการเข้ารหัสข้อมูลที่กระทำในระดับชั้นย่อยนี้

PMD (Physical Medium Dependent)

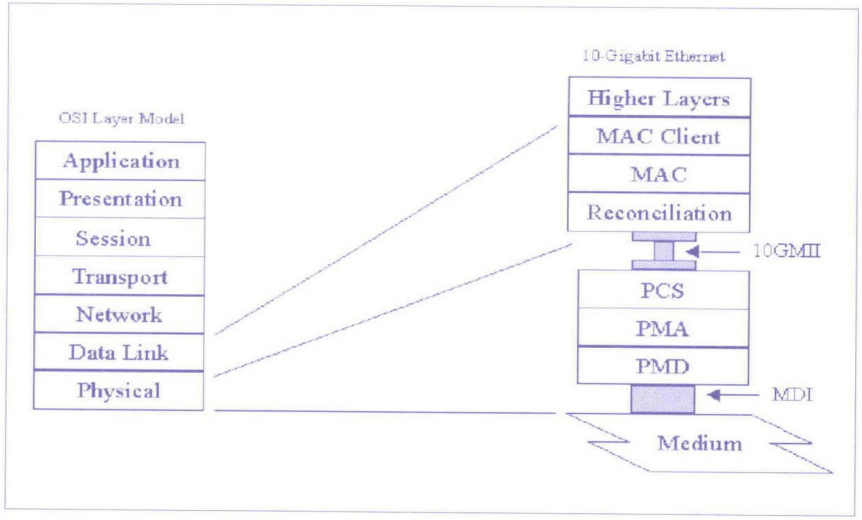
หน้าที่หลักของระดับชั้นย่อย PMD ได้แก่การแพร่กระจายของสัญญาณ ซึ่งครอบคลุมถึงการขยายสัญญาณ การผสมผสานสัญญาณ (Modulation) และการจัดรูปคลื่นของสัญญาณที่เหมาะสม PMD ที่แตกต่างกันหมายถึงการใช้สื่อของสัญญาณที่แตกต่างกันด้วย

MDI (Medium Dependent Interface)

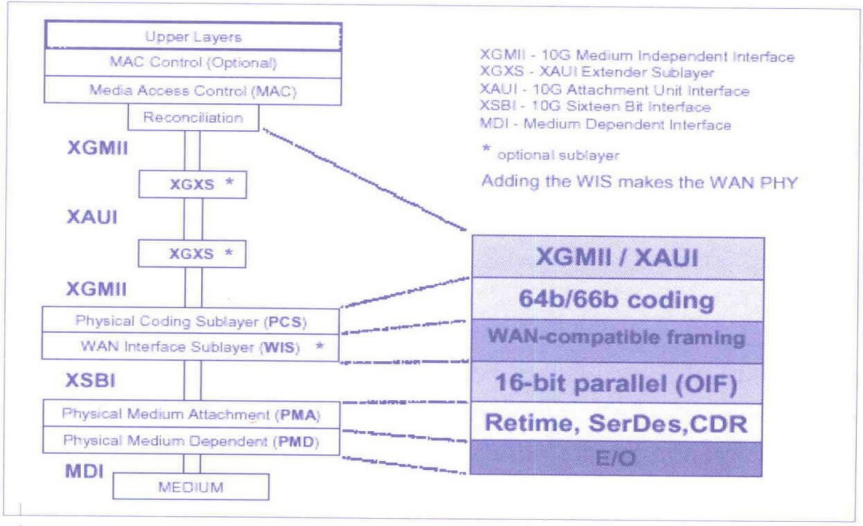
MDI หมายถึงอุปกรณ์เชื่อมต่อ (Connector) MDI ได้นิยามชนิดของอุปกรณ์เชื่อมต่อที่แตกต่างกันสำหรับสายสัญญาณและ PMD ที่แตกต่างกันอีกด้วย

ในมาตรฐาน 802.3ae ได้นิยาม PHY ของ 10 Gigabit Ethernet ออกเป็น 2 มาตรฐาน ได้แก่ LAN PHY และ WAN PHY โดยที่ WAN PHY เป็นส่วนต่อเติมจาก LAN PHY นอกจากนี้ยังมีชนิดของ PHY ที่ถูกนำมาใช้บน Gigabit Ethernet หลายแบบ ซึ่งทั้งเครือข่าย LAN และ WAN ต่างก็สามารถใช้ PMD ได้ทุกชนิด

คณะทำงานกำหนดมาตรฐาน IEEE 802.3ae ได้ทำงานกันอย่างหนัก เพื่อให้แน่ใจว่ามาตรฐาน 10 Gigabit Ethernet จะสามารถใช้สายส่งสัญญาณไฟเบอร์ออปติก เพื่อการส่งสัญญาณข้อมูลระยะไกลได้ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1 แสดงระดับชั้นการทำงานของโปรโตคอล Ethernet ภายใต้ OSI Model



รูปที่ 2 แสดงส่วนที่เป็นอินเตอร์เฟสระหว่าง MAC กับ PCS

	Serial LAN	Serial WAN	4-Lane LAN
PHY (chipsets)	64/66	64/66	XAUI
		WIS	
	SerDes		
PMD (optics)	Serial 850nm (mmf 65m) 1310nm (smf 10km) 1550nm (smf 40km)		WWDM 1310nm (mmf 300m) 1310nm (smf 10km)

รูปที่ 3 ไดอะแกรมแสดงแนวคิดการทำงานของ PHY และ PMD

อย่างน้อยที่ 65 เมตร เมื่อใช้สายไฟเบอร์ออปติกแบบ Multi-mode (MMF)
อย่างน้อย 300 เมตร เมื่อใช้สายไฟเบอร์ออปติกแบบ MMF
อย่างน้อยที่ 2 กิโลเมตรสำหรับสายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode
อย่างน้อยที่ 10 กิโลเมตร เมื่อใช้สายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode
อย่างน้อย 40 กิโลเมตร เมื่อใช้สายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode

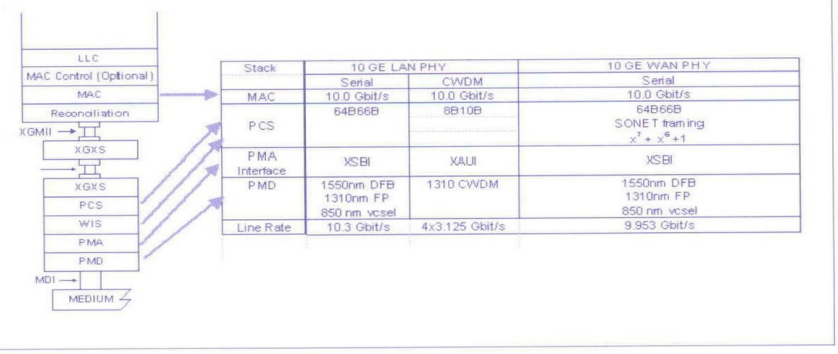
เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ดังกล่าวจึงมีการเลือก PMD เพื่อใช้งานอยู่ 5 แบบจากจำนวน 20 แบบที่ต่างกัน เพื่อสนับสนุนระยะทางการเชื่อมต่อและชนิดของอุปกรณ์เชื่อมต่อที่ต่างกัน ในการประชุมเมื่อเดือนมิถุนายน ปี 2000 ทางคณะทำงาน IEEE 802.3ae ได้ตัดสินใจเลือก PMD อนุกรมที่ทำงานด้วยความยาวคลื่น 1310 นาโนมิลลิเมตรเป็นสายรับส่งสัญญาณสำหรับระยะทางการเชื่อมต่อที่ 2 กิโลเมตร และ 10 กิโลเมตรสำหรับสายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode นอกจากนี้ในที่ประชุมยังเลือก PMD อนุกรมเพื่อใช้เชื่อมต่อด้วยสายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode ที่ระยะทางความยาว 40 กิโลเมตรขึ้นไป ด้วยระยะทางขณะนี้น่าจะเป็นความสำเร็จอีกขั้นหนึ่งที่คิดจะนำมาใช้กับระบบเครือข่าย MAN หรือ Metropolitan Area Network

ในการประชุมเมื่อเดือนกันยายน ปี 2000 คณะทำงานยังได้ปรับแต่งความประสงค์ที่เคยกำหนดมาตรฐานไว้ดังที่กล่าวมาแล้ว โดยเลือก PMD อนุกรมที่ทำงานด้วยความยาวคลื่น 850 นาโนมิลลิเมตร เพื่อให้สามารถสนับสนุนระยะทางการเชื่อมต่อ 65 เมตร และ PMD ที่เป็นระบบ Wide Wave Division Multiplexing (WWDM) โดยทำงานที่ความยาวคลื่น 1310 นาโนมิลลิเมตร เพื่อให้สนับสนุนการเชื่อมต่อที่ระยะทาง 300 เมตรบนสายไฟเบอร์ออปติกแบบ Multimode ซึ่งระบบ PMD แบบ WWDM ยังให้การสนับสนุนการทำงานของสายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode ที่เชื่อมต่อบนระยะทาง 10000 เมตร ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติของ PMD เชิงแสงแบบต่าง ๆ

ทั้ง LAN PHY และ WAN PHY ต่างก็สามารถได้ PMD แบบเดียวกัน ดังนั้นจึงได้ระยะทางการเชื่อมต่อที่เหมือนกัน แต่ PHY ของ LAN และ WAN จะมีข้อแตกต่างกันตรงที่มีการเข้ารหัสในระดับชั้นย่อยต่าง ๆ คณะทำงานมีความตั้งใจให้ 10 Gigabit Ethernet สามารถให้การสนับสนุนแอพพลิเคชันที่ทำงานบน Gigabit Ethernet ในปัจจุบันได้ดี และด้วยความเร็วเป็น 10 เท่าด้วยค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า ยิ่งไปกว่านั้นยังมีความตั้งใจให้ LAN PHY ทำงานในสภาพแวดล้อมระบบสวิตชิงเชิงแสง เพื่อเพิ่มระยะทางของ WAN ให้มากขึ้น อย่างไรก็ดีเพื่อให้สามารถเข้ากันได้กับระบบเครือข่าย WAN ที่มีอยู่แล้ว จึงได้กำหนดให้ WAN PHY ของ 10 Gigabit สามารถสนับสนุนการเชื่อมต่อกับระบบเครือข่าย SONET/SDH (Synchronous Optical Network/ Synchronous Digital Hierarchy) ได้เป็นอย่างดีดังรูปที่ 4

WAN PHY มีความแตกต่างจาก LAN PHY ตรงที่ WAN PHY ได้รวมความสามารถในการจัดแบ่งเป็น Frame ข้อมูล (Framer) สำหรับ SONET/SDH ซึ่งทำงานในระดับชั้นย่อยที่เรียกว่า WAN Interface Sublayer (WIS) เนื่องจากอัตราความเร็วในสายสัญญาณของ SONET OC-192/SDH STM-64 เป็นเพียงแค่ไม่กี่เปอร์เซ็นต์ของ 10 Gigabit Ethernet เท่านั้น จึงเป็นการง่ายที่จะประยุกต์ใช้งาน MAC ที่สามารถทำงานบน LAN PHY ที่ 10 Gbps หรือ WAN PHY ให้ทำงานที่ 9.28 Gps

WAN PHY สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับส่งข้อมูล เช่น สวิตช์หรือเราเตอร์ไปยังเครือข่ายเชิงแสง หรือ SONET/SDH ลักษณะนี้ทำให้สามารถเพิ่มระยะทางการเชื่อมต่อของ Ethernet โดยผ่านทางเครือข่ายดังกล่าว ดังนั้นเราเตอร์ทั้งสองตัวจะทำประหนึ่งว่ามีการเชื่อมต่อกันโดยตรง



Stack	10 GE LAN PHY		10 GE WAN PHY
	Serial	CWDM	Serial
MAC	10.0 Gbit/s	10.0 Gbit/s	10.0 Gbit/s
PCS	64B66B	8B10B	64B66B SONET framing $x^7 + x^6 + 1$
PMA Interface	XSBI	XAUI	XSBI
PMD	1550nm DFB 1310nm FP 850 nm vcsel	1310 CWDM	1550nm DFB 1310nm FP 850 nm vcsel
Line Rate	10.3 Gbit/s	4x3.125 Gbit/s	9.953 Gbit/s

รูปที่ 4 แสดงรายละเอียดของ LAN และ WAN PHY และส่วนที่เกี่ยวข้องกับ PMD

ตารางที่ 3 แสดงคุณสมบัติของ PMD เชิงแสง

PMD เชิงแสง	ไฟเบอร์ออปติกที่ใช้	ขนาด (Micron)	แบนด์วิดธ์	ระยะทางคิดเป็นเมตร
850 nm Serial	Multimode	50.0	400	65
1310 nm WWdm	Multimode	62.5	160	300
1310 nm WWdm	Single Mode	9.0	N.A	10,000
1310 nm Serial	Single Mode	9.0	N.A	10,000
1550 nm Serial	Single Mode	9.0	N.A	40,000

เพื่อให้การบริหารจัดการดูแลการขยายขอบเขตการเชื่อมต่อของ Ethernet ยืดออกไปจึงมีการกำหนดให้ WAN PHY มีข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการของ SONET/SDH ซึ่งจะทำให้ผู้ดูแลเครือข่ายสามารถเห็นสถานะการเชื่อมต่อ แม้ว่าการเชื่อมต่อนั้นจะผ่านทาง SONET/SDH ก็ตาม ด้วยเหตุนี้จึงเป็นไปได้ที่ท่านสามารถเห็นประสิทธิภาพการทำงาน รวมทั้งการค้นหาจุดเสียบนเครือข่ายได้

การประยุกต์ใช้งาน เครือข่าย 10 Gigabit Ethernet

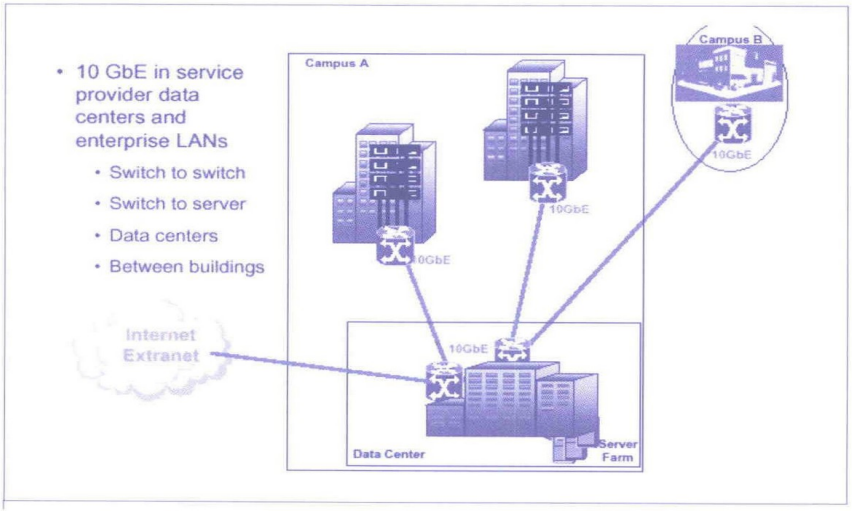
การประยุกต์ใช้งานเครือข่าย 10 Gigabit Ethernet สามารถแบ่งแยกตามชนิดของเครือข่ายต่าง ๆ ดังนี้

เครือข่าย LAN (Local Area Network)

เทคโนโลยีของระบบ Ethernet เป็นที่ยอมรับและถูกใช้งานภายใต้ระบบเครือข่าย LAN ที่ต้องการประสิทธิภาพสูง ด้วยเทคโนโลยี 10 Gigabit Ethernet ใหม่จะช่วยให้ระบบเครือข่าย LAN มีข้อมูลที่สามารถเดินทางได้ไกลขึ้น โดยไม่ต้องใช้ WAN อีกทั้งยังสามารถรองรับแอพพลิเคชันใด ๆ ที่ต้องการประสิทธิภาพประเภทแบนด์วิดธ์มาก ๆ

10 Gigabit Ethernet จะคล้ายกับเทคโนโลยีของ Gigabit ตรงที่ต่างต้องการใช้สายไฟเบอร์ออปติกทั้งที่เป็น Multimode และ Single Mode อย่างไรก็ดี ใน 10 Gigabit นี้สามารถใช้สายไฟเบอร์ออปติกแบบ Single Mode เพื่อเชื่อมต่อได้ไกลกว่า Gigabit Ethernet ซึ่งไปได้เพียง 5 กิโลเมตร แต่ 10 Gigabit Ethernet สามารถเชื่อมต่อได้ไกลถึง 40 กิโลเมตร

ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดของการยืดระยะทางเชื่อมต่อโดย 10 Gigabit Ethernet ได้แก่ การเชื่อมต่อเครือข่ายที่มีระยะทางเกิน 5 กิโลเมตร ซึ่งแต่ก่อนอาจต้องใช้บริการเครือข่ายสาธารณะ เช่น Frame Relay หรือ ISDN กลายเป็นเรื่องไม่จำเป็นอีกต่อไป ยิ่งสถานที่ใดมีลักษณะเป็น Campus ที่ประกอบด้วยอาคารใหญ่น้อยเป็นจำนวนมากมาเชื่อมต่อกันภายใต้ระยะทางไม่เกิน 40 กิโลเมตรแล้ว ระบบ 10 Gigabit Ethernet ถือเป็นเรื่องวิเศษสุด โดยเฉพาะเรื่องค่าใช้จ่าย ประสิทธิภาพความเร็ว และระยะทาง โดย 10 Gigabit Ethernet ให้การสนับสนุนงานที่มีการเชื่อมต่อระหว่างสวิตช์กับสวิตช์ด้วยกัน หรือระหว่างสวิตช์กับเซิร์ฟเวอร์ด้วยสายไฟเบอร์ออปติกทั้งแบบ Multimode หรือ Single Mode ได้เป็นอย่างดี ดังรูปที่ 5



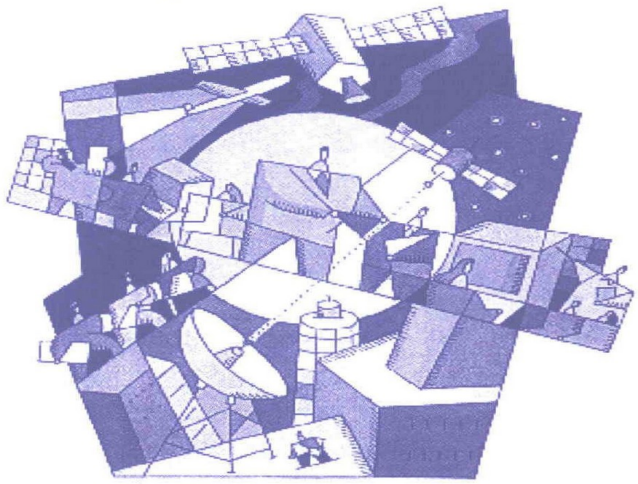
รูปที่ 5 แสดงการประยุกต์ใช้งาน 10 Gigabit Ethernet บนเครือข่าย LAN

เครือข่าย MAN (Metropolitan Area Network)

ที่ผ่านมาทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้งานต่างยอมรับกันว่า ระบบ Ethernet เป็นระบบที่มีต้นทุนการใช้งานต่ำ สามารถทำความเข้าใจได้ไม่ยาก มีการใช้งานกว้างขวาง อีกทั้งยังไม่มีปัญหาเรื่องคอมแพตทิเบิลตั้งแต่ระดับบนลงมายังระดับล่าง เช่น จาก Gigabit ลงมาถึง 10 Mbps

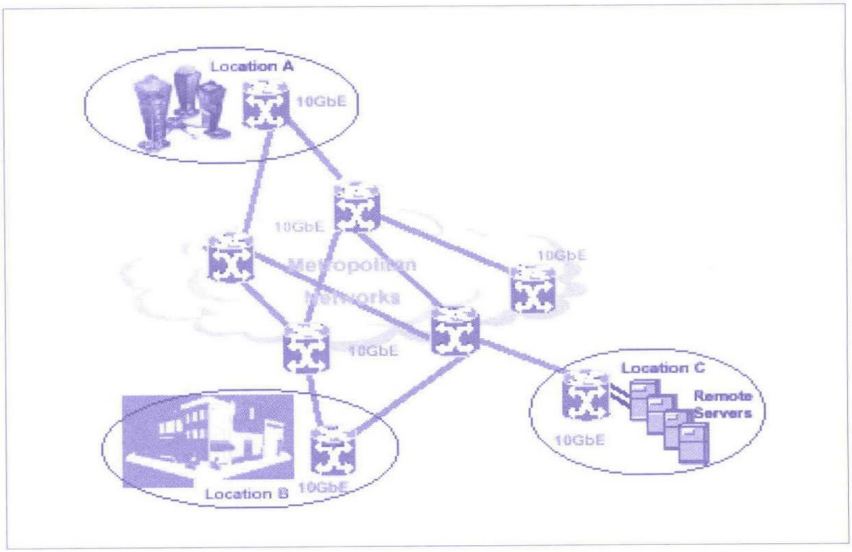
ทุกวันนี้แพ็กเก็ตที่วิ่งออกมาจากเซิร์ฟเวอร์ที่ทำงานบนระบบเครือข่าย Gigabit Ethernet ที่ใช้ไฟเบอร์ออปติกสามารถวิ่งข้ามประเทศหรือเมืองต่าง ๆ โดยทางเครือข่าย DWDM (Dense Wave Division Multiplexing - เป็นระบบที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา) จากนั้นจะวิ่งเข้าหาเครื่องคอมพิวเตอร์ปลายทางที่อาจเป็น 10 Mbps ที่ใช้สายโคแอกเชียลอย่างบาง ทั้งหมดนี้ไม่ต้องการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของ Frame ไม่ต้องแปลงโปรโตคอลใช้งานใด ๆ ทั้งสิ้น ระบบ Ethernet จึงกระจายอยู่ทั่วทุกระแหง

Gigabit Ethernet ได้ถูกพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีของแบ็กโบนที่ใช้ไฟเบอร์ออปติกสำหรับเครือข่าย MAN บนระยะทางการเชื่อมต่อที่ 40 กิโลเมตร เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 6



เครือข่าย SAN (Storage Area Network)

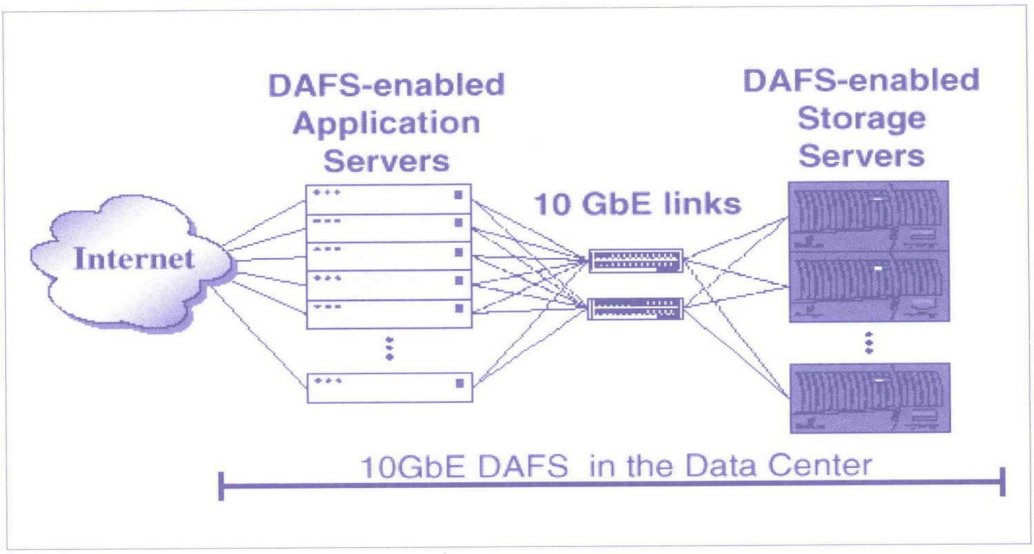
นอกจากนี้ 10 Gigabit Ethernet ยังสามารถทำเป็นโครงข่ายสื่อสารสำหรับระบบเครือข่ายที่เรียกว่า Network -Attached Storage (NAS) และ Storage Area Network (SAN) ซึ่งก่อนหน้าที่จะกำหนดมาตรฐาน 10 Gigabit Ethernet ขึ้นนั้น ผู้สังเกตการณ์ไอทีหลายท่านได้ให้ทัศนะที่แสดงถึงความสิ้นหวังในการประยุกต์ใช้ระบบ Ethernet บนเครือข่ายเหล่านี้ แต่บัดนี้แสงเพลิงแห่งความหวังกลับลุกโพลงขึ้นอีกครั้ง เมื่อมาตรฐาน 10 Gigabit Ethernet ได้ถูกกำหนดให้มีความสามารถที่จะนำพาข้อมูลความเร็วสูง มีค่าหน่วงเวลาที่ใกล้เคียงกับเทคโนโลยี 1-2 Gigabit Fiber Channel ซึ่งมีราคาแพง รวมทั้ง Ultra160 หรือ 320 SCSI, ATM OC-3, OC-12 และ OC-192 เป็นต้น



รูปที่ 6 แสดงการประยุกต์ใช้งาน 10 Gigabit Ethernet บนเครือข่าย MAN

ความต้องการที่จะเชื่อม 10 Gigabit Ethernet เข้ากับอุปกรณ์เครือข่าย Storage ดังรูปที่ 7 มีดังนี้

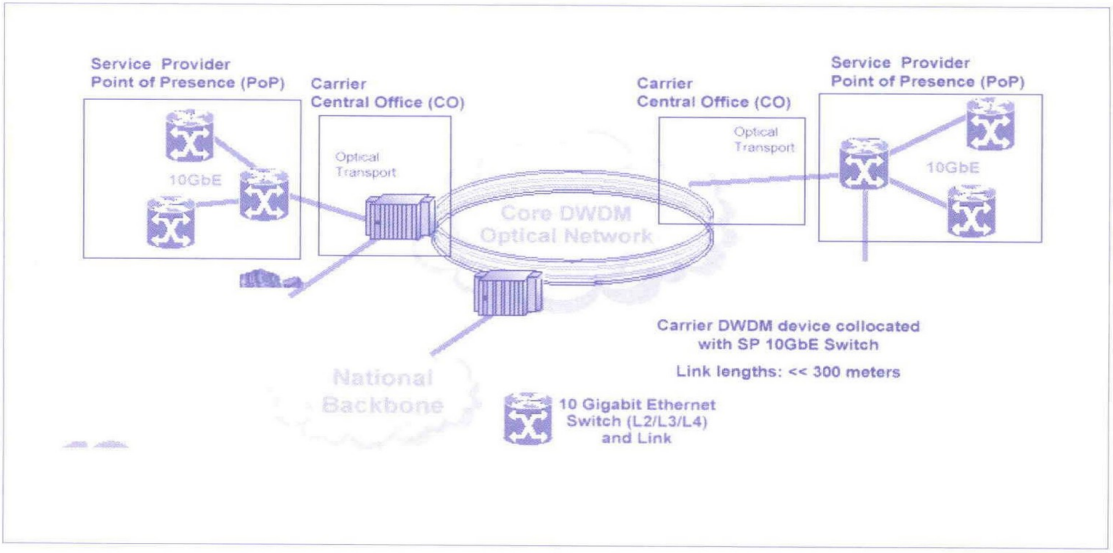
- ดาต้าเบสเซิร์ฟเวอร์
- เครื่องซูเปอร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม
- งานด้านวิดีโอที่ต้องการความละเอียดสูงมาก
- การทำ Mirroring สำหรับข้อมูลทั้งที่เป็นแบบ Local และ Remote
- การแบ็กอัพข้อมูลแบบรวมศูนย์
- อุปกรณ์ให้บริการจัดเก็บข้อมูลปริมาณมาก ๆ



รูปที่ 7 แสดงการประยุกต์ใช้งาน 10 Gigabit บนเครือข่าย SAN

เครือข่าย WAN (Wide Area Network)

เทคโนโลยีของ 10 Gigabit Ethernet จะทำให้ผู้ให้บริการอินเทอร์เน็ต (ISP) รวมทั้งผู้ให้บริการเครือข่ายหรือ Network Service Provider (NSP) สามารถสร้างการเชื่อมต่อความเร็วสูงในราคาประหยัด โดยเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่เรียกว่า Carrier Class Switch และเราเตอร์ รวมทั้งอุปกรณ์เชื่อมต่อเชิงแสง (Optical Equipment) ซึ่งเชื่อมต่อโดยตรงกับเครือข่าย SONET/SDH นอกจากนี้ 10 Gigabit Ethernet ที่พร้อมด้วย WAN PHY ยังช่วยให้สามารถสร้างเครือข่าย WAN โดยเชื่อมต่อกับเครือข่าย LAN ที่กระจายอยู่ตาม Campus ต่าง ๆ หรือ POP (Point Of Presence) ให้สามารถเชื่อมต่อกันบนเครือข่าย SONET/SDH



รูปที่ 8 แสดงการประยุกต์ใช้งาน 10 Gigabit Ethernet บนเครือข่าย WAN

และ 10 Gigabit Ethernet ที่ใช้เชื่อมต่อระหว่าง Switching Hub ของ Service Provider กับอุปกรณ์ DWDM (Dense Wave Division Multiplexing) หรือ LTE (Line Termination Equipment) จะมีระยะทางไม่เกิน 300 เมตร ดังรูปที่ 8

อนาคตสดใส

ระบบเครือข่าย Ethernet ช่วยอำนวยประโยชน์และทนทานต่อการทดสอบมานาน ได้รับความไว้วางใจให้เป็นเทคโนโลยีเครือข่ายระดับโลกที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจาก 10 Mbps เป็นต้นมา จนถึง 100 และ 1 Gigabit และท้ายสุด 10 Gigabit ด้วยเทคโนโลยี 10 Gigabit ขนาดของเครือข่ายได้เปลี่ยนไปจากเดิมที่ออกแบบให้ใช้เป็นระบบเครือข่าย LAN ที่มีขอบข่ายและระยะทางการเชื่อมต่อที่ 5 กิโลเมตร มาจนถึง 10 Gigabit Ethernet ที่ออกแบบมาให้เป็นทั้งเครือข่าย LAN และ MAN อีกทั้งยังสามารถเชื่อมต่อโดยตรงกับ SONET/SDH ทำให้สามารถยืดเกาะโครงข่ายความเร็วสูงเหล่านี้ได้อย่างง่ายดาย และที่สำคัญคำสัญญาในเรื่องของราคาถูก อีกทั้งไม่ต้องปรับเปลี่ยนโปรโตคอลการทำงาน ทำให้ 10 Gigabit Ethernet เป็นเครือข่ายสำหรับอนาคตอย่างแท้จริง

อธิบายคำศัพท์

Dense Wave Division Multiplexing เป็นระบบมัลติเพล็กซ์ที่ใช้คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกัน เป็นคลื่นพาห์สำหรับนำส่งข้อมูลข่าวสาร โดยที่แสงทั้งหมดจะถูกนำมารวมกันก่อนที่จะส่งออกไปในไฟเบอร์ออปติกเส้นเดียวกัน และเนื่องจากสเปกตรัมของแสงมีค่าใกล้เคียงกันมากหรือดูหนาแน่นมาก ดังนั้นจึงเรียกว่า DWDM นำมาใช้เพื่อส่งข้อมูลในเครือข่าย และสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ผ่านทางอินเทอร์เน็ตอีกด้วย

OC-192 เป็นอัตราความเร็วในการส่งข้อมูลของ SONET ด้วยอัตราความเร็วพร้อมสัมภาระข้อมูลที่ 9.584640 Gbps

Physical Coding Sub Layer เป็นส่วนประกอบของ PHY หน้าที่การทำงานในระดับชั้นของ PCS นี้ได้แก่ การรับผิดชอบในการเข้ารหัสแก่กระแสข้อมูลจากระดับชั้น MAC เพื่อให้ระดับชั้น Physical นำข้อมูลจากระดับชั้นนี้ส่งออกไปที่สายรับส่งสัญญาณ

PHY เป็นอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ที่ทำงานบนระดับชั้น Physical ประกอบด้วย PMD (Physical Media Dependent) และ PMA (Physical Media Attachment) รวมทั้ง PCS (Physical Coding Sub layer)

Wan PHY เป็น PHY แบบออปชันที่ประกอบด้วยส่วนที่สร้าง Frame ข้อมูลให้ใช้กับ SONET ได้ และสามารถทำงานที่อัตราความเร็วในการส่งข้อมูลเท่ากับ OC-192c/SDH VC-4-64c อุปกรณ์นี้ไม่ใช้อินเตอร์เฟสของ SONET เป็นเพียงอุปกรณ์อินเตอร์เฟสประเภทอะซิงโครนัสของ Ethernet เท่านั้น